

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

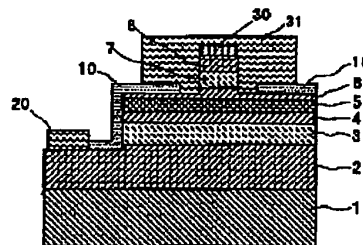
(11) Publication number: **09260772 A**(43) Date of publication of application: **03.10.97**

(51) Int. Cl.

H01S 3/18(21) Application number: **08067632**(22) Date of filing: **25.03.96**(71) Applicant: **NICHIA CHEM IND LTD**(72) Inventor:
SENOO MASAYUKI
YAMADA TAKAO
NAKAMURA SHUJI**(54) NITRIDE SEMICONDUCTOR LASER ELEMENT****(57) Abstract:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To realize an element continuously oscillating at a room temperature with a reduced threshold value of current by providing an active layer formed on the top of a substrate and a clad layer having a ridge-shaped stripe formed on an active layer.

SOLUTION: An n-type contact layer 2, n-type light containment layer 3, n-type light guide layer 4, active layer 5, p-type guide layer 6, p-type light containment layer 7, active layer 5, p-type guide layer 6, p-type light containment layer 7 and p-type contact layer 8 are sequentially laminated on substrate 1. An insulation thin-film 10 is formed on the surface of a light guide layer 6. This insulation thin-film 10 can prevent electrodes from causing a short-circuit, when bonding a negative electrode 20 and a pad electrode 31 containing a positive electrode 30 formed on the same surface and also performs the function of concentrating the light emission of an active layer 5 below a ridge. By doing this, light in lateral direction of the active layer 5 is controlled, so that the threshold current in laser oscillation decreases. Therefore, continuous oscillation becomes possible.



COPYRIGHT: (C)1997,JPO

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-260772

(43)公開日 平成9年(1997)10月3日

(51)Int. Cl.⁶

H01S 3/18

識別記号

庁内整理番号

FI

H01S 3/18

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数5

OL

(全7頁)

(21)出願番号 特願平8-67632
(22)出願日 平成8年(1996)3月25日

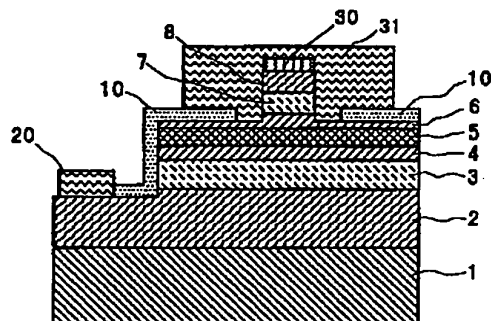
(71)出願人 000226057
日亜化学工業株式会社
徳島県阿南市上中町岡491番地100
(72)発明者 妹尾 雅之
徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内
(72)発明者 山田 孝夫
徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内
(72)発明者 中村 修二
徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内

(54)【発明の名称】窒化物半導体レーザ素子

(57)【要約】

【目的】 窒化物半導体よりなるレーザ素子の閾値電流を小さくして、室温で連続発振可能な素子を実現する。

【構成】 基板上部に形成されたInGa_xNを含む活性層と、活性層上に形成されたリッジ形状のストライプを有するn型若しくはp型のクラッド層とを有することにより、リッジの下の活性層に光を集中させて、レーザ素子の閾値電流を低下させる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上部に形成された活性層と、活性層上に形成されたリッジ形状のストライプを有するn型若しくはp型のクラッド層とを有することを特徴とする窒化物半導体レーザ素子。

【請求項2】 前記クラッド層の表面にクラッド層よりも屈折率の小さい材料よりなる絶縁性薄膜が形成されていることを特徴とする請求項1に記載の窒化物半導体レーザ素子。

【請求項3】 前記クラッド層の表面にクラッド層とショットキーバリア接触する金属薄膜が形成されていることを特徴とする請求項1に記載の窒化物半導体レーザ素子。

【請求項4】 前記リッジ形状の側面の基板表面に対する角度が 90° 以上であることを特徴とする請求項1ないし3のいずれか1項に記載の窒化物半導体レーザ素子。

【請求項5】 前記活性層は、少なくともインジウムを含む窒化物半導体よりなる多重量子井戸構造を有することを特徴とする請求項1ないし4のいずれか1項に記載の窒化物半導体レーザ素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する分野】本発明は窒化物半導体 ($\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$, $0 \leq x$, $0 \leq y$, $x+y \leq 1$) よりなるレーザ素子に関する。

【0002】

【従来の技術】紫外～青色の領域に発光するレーザ素子の材料として窒化物半導体が知られており、本出願人は、最近この材料を用いてパルス電流において、室温での 410nm のレーザ発振を発表した (例えば、Jpn.J. Appl.Phys. Vol35 (1996) pp.L74-76)。発表したレーザ素子はいわゆる電極ストライプ型のレーザ素子であり、活性層を含む窒化物半導体層のストライプ幅を数十 μm にして、レーザ発振させたものである。しかしながら、前記レーザ素子の閾値電流は $1\sim 2\text{A}$ もあり、連続発振させるためには、さらに閾値電流を下げる必要がある。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】本発明はこのような事情を鑑みて成されたものであって、その目的とするところは、窒化物半導体よりなるレーザ素子の閾値電流を小さくして、室温で連続発振可能な素子を実現することにある。

【0004】

【課題を解決するための手段】本発明のレーザ素子は、基板上部に形成された活性層と、活性層上に形成されたリッジ形状のストライプを有するn型若しくはp型のクラッド層とを有することを特徴とする。活性層上に形成されるクラッド層はp型の方が好ましい。

【0005】また、前記クラッド層の表面にクラッド層よりも屈折率の小さい材料よりなる絶縁性薄膜が形成されていることを特徴とする。

【0006】また、前記クラッド層の表面にクラッド層とショットキーバリア接触する金属薄膜が形成されていることを特徴とする。

【0007】さらに、前記リッジ形状の側面の基板表面に対する角度が 90° 以上であることを特徴とする。 90° 以上であるとリッジ側面に均一な膜厚で絶縁性薄膜、または金属薄膜を形成しやすい。

【0008】また、前記活性層は、少なくともインジウムを含む窒化物半導体よりなる多重量子井戸構造を有することを特徴とする。好ましくは $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 < x < 1$) よりなる井戸層を有する多重量子井戸構造である。

【0009】

【発明の実施の形態】図1は本発明の一実施例に係るレーザ素子の構造を示す模式的な断面図であり、図2は図1のレーザ素子の形状を示す斜視図である。図1は図2に示す素子のレーザ光の共振方向に垂直方向で切断した際の断面図を示している。素子構造としては、基板1の上に、n型コンタクト層2、n型光閉じこめ層3、n型光ガイド層4、活性層5、p型光ガイド層6、p型光閉じ込め層7、p型コンタクト層8を順に積層した基本構造を有している。20はn型コンタクト層2に接続されたオーミック用の負電極、30はp型コンタクト層8に接続されたオーミック用の正電極であり、正電極30の上にはボンディング用のパッド電極31が設けられている。なお、本明細書で示すレーザ素子の構造はあくまでも基本的な構造を示すものであり、これらに示す層のいずれかを省略、あるいは他の窒化物半導体よりなる層を挿入しても、本発明の請求項に示す思想を逸脱しない範囲であれば、自由に変更を加えることができる。

【0010】基板1はサファイア (Al_2O_3 、A面、C面、R面)、スピネル (MgAl_2O_4 、111面) 等の絶縁性基板が多く用いられるが、その他、 SiC 、 MgO 、 Si 、 ZnO 、 GaN 等の単結晶よりなる従来より知られている基板が用いられる。

【0011】n型コンタクト層2は $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x$, $0 \leq y$, $x+y \leq 1$) で構成することができ、特に GaN 、 InGaN 、その中でも Si をドープした GaN で構成することにより、キャリア濃度の高いn型層が得られ、また負電極20と好ましいオーミック接触が得られるので、レーザ素子の閾値電流を低下させることができる。負電極20の材料としては Al 、 Ti 、 W 、 Cu 、 Zn 、 Sn 、 In 等の金属若しくは合金が好ましいオーミックが得られる。 GaN に限らず窒化物半導体は、ノンドープ (不純物をドープしない状態) でも結晶内部にできる窒素空孔のためn型となる性質があるが、 Si 、 Ge 、 Sn 等のドナー不純物を結晶成長

中にドーピングすることにより、キャリア濃度が高く、好ましいn型特性を示す窒化物半導体が得られる。

【0012】n型光閉じこめ層3はAlを含むn型の窒化物半導体で構成し、好ましくは二元混晶あるいは三元混晶の $Al_{1-y}Ga_{1-y}N$ ($0 < y \leq 1$) とすることにより、結晶性の良いものが得られ、また活性層との屈折率差を大きくしてレーザ光の縦モードの閉じ込めに有効である。この層は通常 $0.1\mu m \sim 1\mu m$ の膜厚で成長させることが望ましい。 $0.1\mu m$ よりも薄いと光閉じ込め層として作用しにくく、 $1\mu m$ よりも厚いと、結晶中にクラックが入りやすくなり素子作成が困難となる傾向にある。

【0013】n型光ガイド層4は、Inを含むn型の窒化物半導体若しくはn型GaNで構成し、好ましくは三元混晶若しくは二元混晶の $In_xGa_{1-x}N$ ($0 \leq x < 1$) とする。この層は通常 $100\text{オングストローム} \sim 1\mu m$ の膜厚で成長させることが望ましく、特にInGaN、GaNとすることにより次の活性層5を量子井戸構造とすることが容易に可能になる。

【0014】次に、本発明の特徴とする活性層より上の構成について述べる。活性層5は先にも述べたように、好ましくはInを含む窒化物半導体よりなる多重量子井戸構造(MQW: Multi-quantum-well)として、さらに好ましくは三元混晶の $In_xGa_{1-x}N$ ($0 < x < 1$) を井戸層とするMQWとすることが望ましい。三元混晶のInGaNは四元混晶のものに比べて結晶性が良い物が得られるので、発光出力が向上する。その中でも特に好ましくは活性層を $In_xGa_{1-x}N$ よりなる井戸層と、井戸層よりもバンドギャップの大きい三元混晶の窒化物半導体よりなる障壁層とを積層したMQWとするとレーザ発振しやすい。障壁層は三元混晶の $In_{x'}Ga_{1-x'}N$ ($0 \leq x' < 1$, $x' < x$) が好ましく、井戸+障壁+井戸+...+障壁+井戸層、若しくはその反対となるように積層してMQWを構成する。活性層にInGaNを積層したMQWとすると、量子単位間発光で約 $365\text{nm} \sim 660\text{nm}$ 間での高出力なLDを実現することができる。さらに、井戸層の上にInGaN(但し、In組成比は井戸層よりも小さい)よりなる障壁層を積層すると、障壁層はGaN、AlGaN等の結晶に比べて結晶が柔らかいので、活性層の上に成長させるp型クラッド層のAlGaNの厚さを厚くできる。そのため縦方向の光閉じ込めが実現でき、レーザ発振が可能となる。さらに障壁層もInGaNとする利点は次にある。即ち、InGaNとGaNとでは結晶の成長温度が異なり、例えばMOVPE法ではInGaNは $600^\circ\text{C} \sim 800^\circ\text{C}$ で成長させるのに対して、GaNは 800°C より高い温度で成長させる。従って、InGaNよりなる井戸層を成長させた後、GaNよりなる障壁層を成長させようとするれば、成長温度を上げてやる必要がある。成長温度を上げると、先に成長させたInGaN井戸層が分解してし

まうので結晶性の良い井戸層を得ることは難しい。さらに井戸層の膜厚は数十オングストロームしかなく、薄膜の井戸層が分解するとMQWを作製するのが困難となる。それに対し、本発明の好ましい態様では、障壁層もInGaNであるため、井戸層と障壁層が同一温度で成長できる。従って、先に形成した井戸層が分解することがないので結晶性の良いMQWを形成することができる。これはMQWの最も好ましい態様を示したものであるが、他に井戸層をInGaN、障壁層をGaN、AlGaNのように井戸層よりも障壁層のバンドギャップエネルギーを大きくすればどのような組成でも良い。

【0015】多重量子井戸構造の活性層5の総膜厚は 100オングストローム 以上に調整することが好ましい。 100オングストローム よりも薄いと、十分に出力が上がらず、レーザ発振ににくい傾向にある。また活性層の膜厚も厚すぎると出力が低下する傾向にあり、 $1\mu m$ 以下、さらに好ましくは $0.5\mu m$ 以下に調整することが望ましい。 $1\mu m$ よりも厚いと活性層の結晶性が悪くなるか、レーザ光が活性層中に広がってしまい、閾値電流が増加する傾向にある。

【0016】次にp型光ガイド層6は、Inを含む窒化物半導体若しくはGaNで構成し、好ましくは二元混晶または三元混晶の $In_yGa_{1-y}N$ ($0 < y \leq 1$) を成長させる。この光ガイド層6は、通常 $100\text{オングストローム} \sim 1\mu m$ の膜厚で成長させることが望ましく、特にInGaN、GaNとすることにより、次のp型光閉じこめ層7を結晶性良く成長できる。なお、p型の窒化物半導体はZn、Mg、Be、Cd、Ca等のアクセプター不純物を結晶成長中にドーピングすることによって得られるが、その中でもMgが最も好ましいp型特性を示す。図1に示すようにp型光ガイド層6よりリッジ形状とする場合、そのp型光ガイド層は、前記のように $In_yGa_{1-y}N$ ($0 < y \leq 1$) にすることが最も好ましい。

【0017】p型光閉じこめ層7は、Alを含むp型の窒化物半導体で構成し、好ましくは二元混晶または三元混晶の $Al_{1-y}Ga_{1-y}N$ ($0 < y \leq 1$) とすることにより結晶性の良いものが得られる。このp型光閉じこめ層7はn型光閉じこめ層3と同じく、 $0.1\mu m \sim 1\mu m$ の膜厚で成長させることが望ましく、AlGaNのようなAlを含むp型窒化物半導体とすることにより、活性層との屈折率差を大きくして、縦モードのレーザ光の光閉じ込め層として有効に作用する。また、図3に示すようにp型光閉じ込め層7よりリッジ形状とする場合には、前記のように、p型光閉じ込め層はp型 $Al_{1-y}Ga_{1-y}N$ ($0 < y \leq 1$) とすることが最も好ましい。

【0018】p型コンタクト層8はp型 $In_xAl_{1-x}Ga_{1-x-y}N$ ($0 \leq x$, $0 \leq y$, $x+y \leq 1$) で構成することができ、特にInGaN、GaN、その中でもMgをドーピングしたp型GaNとすると、最もキャリア濃度の高いp型層が得られて、正電極30と良好なオーミック接触が

得られ、閾値電流を低下させることができる。正電極30の材料としてはNi、Pd、Ir、Rh、Pt、Ag、Au等の比較的仕事関数の高い金属又は合金がオーミックが得られやすく、特に少なくともNiとAuとを含む材料、少なくともPdとAuとを含む材料が好ましいオーミックが得られやすい。本発明でいう、リッジ形状のストライプを有するクラッド層とは、図1で具体的に示すと、前記したp型光ガイド層6、p型光閉じ込め層7、p型コンタクト層8等を指し、これらの層の内の少なくとも一層がストライプ状のリッジ形状を有していることをいう。さらにp型層とn型層とを逆に積層すれば、当然活性層の上に形成されるのはn型光ガイド層4、n型光閉じ込め層3、n型コンタクト層2等がn型クラッド層に相当し、これらの層の内の少なくとも一層がストライプ状のリッジ形状を有していることをいう。なお、n型層を活性層の上に形成した場合においても、リッジとする好ましい窒化物半導体の組成は前記したp型層の組成と同じであり、例えばn型光ガイド層4よりリッジにするには、 $\text{In}_Y\text{Ga}_{1-Y}\text{N}$ ($0 < Y \leq 1$) が好ましい。

【0019】以上、本発明のレーザ素子の基本構造について説明したが、本明細書において示すn型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 、p型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 等の組成比X値は単に一般式を示しているに過ぎず、n型層のXとp型層のXとが同一の値を示すものではない。また同様に他の一般式において使用するY値も同一の一般式が同一の値を示すものではない。

【0020】次なる構成として、本発明のレーザ素子では、リッジ形状のクラッド層の表面にクラッド層よりも屈折率が小さい材料よりなる絶縁性薄膜が形成されていることを特徴とする。図1では光ガイド層6の表面に絶縁性薄膜10が形成されている。この絶縁性薄膜10は、同一面側に形成された正電極30を含むパッド電極31と、負電極20とを、それぞれヒートシンク、サブマウント等の他のリード部材にボンディングする際の電極間のショート防止すると共に、活性層5の発光をリッジの下に集中させる作用も奏する。それにより、活性層の横方向の光が制御されるので、閾値電流が低下する。またリッジ形状のクラッド層の表面にクラッド層とショットキーバリア接触する金属薄膜を形成してもよい。金属薄膜はコンタクト層に接する面はオーミック電極となり、クラッド層に接する面ではショットキーバリアが形成されるため、電流がコンタクト層のみから流れ、電流狭窄ができる。従って金属薄膜を形成する場合はコンタクト層のオーミック電極と同一材料を形成すると一工程でできるため非常に好ましい。またクラッド層にショットキーバリア接触する金属薄膜と、コンタクト層にオーミック接触する電極とは別々に形成しても良い。なおこの図では、絶縁性薄膜10がp型光ガイド層6の表面より連続して、n型コンタクト層2にまで達し

ているが、金属薄膜を形成する場合、金属薄膜はn層側のクラッド層に接触しないように形成することはいうまでもない。

【0021】絶縁性薄膜10を形成するには、プラズマCVD、スパッタリング、分子線蒸着等の常用の気相製膜手段を用いることができる。絶縁性薄膜10の材料としては、絶縁性薄膜が表面に接しているp型光ガイド層6の屈折率よりも小さい材料を選択し、例えば SiO_2 に代表されるSi酸化物、 Si_3N_4 に代表されるSi窒化物等を好ましく形成することができ、その他AlN、 Al_2O_3 等の高誘電体材料が使用できる。この絶縁性薄膜の膜厚は100オングストローム以上、 $10\mu\text{m}$ 以下、さらに好ましくは $5\mu\text{m}$ 以下、最も好ましくは活性層の上に形成されたクラッド層の総膜厚よりも薄い膜厚で形成する。また同様に金属薄膜も形成できる。

【0022】図3は本発明のレーザ素子に係る他の構造を示す模式的な断面図であり、図1と同一部材は同一符号でもって示している。このレーザ素子が図1のレーザ素子と異なる点は、p型光閉じ込め層7よりリッジ形状としている。クラッド層をリッジ形状とするには、最も活性層に近い層よりするのが好ましいが、このようにp型光閉じ込め層7よりリッジとしても良く、クラッド層の膜厚の関係で適宜変更できる。なお、p型光閉じ込め層7よりリッジ形状としている場合、絶縁性薄膜10の屈折率はp型光閉じ込め層7よりも小さい材料を選択することはいうまでもない。

【0023】さらに、p型光閉じ込め層7の表面に形成されている絶縁性薄膜10がストライプ状のリッジの側面に接している。このようにストライプ側面に絶縁性薄膜を形成することにより、ストライプ側面から漏れる光も閉じ込められるので、閾値が下がり、発光出力が向上する。

【0024】また、本発明のレーザ素子では、リッジ形状の側面の基板表面に対する角度が 90° 以上であることを特徴とする。つまり、図3に示す θ が 90° 以上であることを特徴とする。好ましい角度としては 90° 以上 120° 以下、さらに好ましくは、 95° 以上、 110° 以下がストライプの下に光が集中しやすい。この角度を 90° 以上とすることにより、絶縁性薄膜10を均一な膜厚で成長させやすくなるので、光閉じ込めの効率が上がる。リッジ形状のクラッド層の好ましいストライプ幅としては、 $0.5\mu\text{m}$ 以上、 $20\mu\text{m}$ 以下、さらに好ましくは $10\mu\text{m}$ 以下、最も好ましくは $5\mu\text{m}$ 以下に調整する。ストライプ幅とは活性層に近い側のリッジのストライプ幅を指すものとする。 $20\mu\text{m}$ よりも大きいと、閾値があまり低下せず、 $0.5\mu\text{m}$ よりも小さいと、発熱して素子が壊れやすい傾向にある。

【0025】さらに付言すると、オーミック用の正電極30は、リッジ状のp型層の最表面に露出されたストライプ状のp型コンタクト層8のほぼ全面に形成されてい

10

20

30

40

50

る。このように正電極30をリッジ最表面のp層のほぼ全面に形成することにより、コンタクト抵抗が下がり、Vfを低下させることができる。このためレーザ素子の駆動電圧と電流と両方を下げることができる。なお、この場合の「ほぼ全面」とは90%以上の面積を指すものとする。

【0026】なお、本発明に類似した技術として、例えば特開平6-152072号公報に屈折率導波型のレーザ素子が示されている。しかしながらこの公報ではエッチング深さが活性層を超えてn型層にまで至っている。10 本発明のレーザ素子ではエッチング深さは図1、図3に示すように活性層を超えない。活性層を超えないことによりエッチングダメージが活性層中に入りにくくなるので、レーザ素子の寿命を長くすることができる。

【0027】【実施例】図4ないし図7は本発明の実施例において得られる窒化物半導体ウェーハの主要部の構造を示す模式的な断面図である。以下、これらの図を用いて図1に示すレーザ素子を得る方法について詳説する。実施例の方法はMOVPE法によりLD素子を作成する方法であるが、本発明の素子はMOVPE法だけでなく、例えばMBE、HDVPE等の他の知られている窒化物半導体の気相成長法を用いて成長させることができる。

【0028】よく洗浄されたスピネル基板1(MgAl₂O₄、111面)をMOVPE装置の反応容器内に設置した後、原料ガスにTMG(トリメチルガリウム)と、アンモニアを用い、温度500℃で基板1の表面にGaNよりなるバッファ層(図示せず。)を200オングストロームの膜厚で成長させる。バッファ層は基板と窒化物半導体との格子不整合を緩和する作用があり、他にAlN、AlGaN等を成長させることも可能である。このバッファ層を成長させることにより、基板の上に成長させるn型窒化物半導体の結晶性が良くなることが知られているが、成長方法、基板の種類等によりバッファ層が成長されない場合もあるので、特に図示していない。

【0029】続いて温度を1050℃に上げ、原料ガスにTMG、アンモニア、ドナー不純物としてSiH₄(シラン)ガスを用いて、SiドープGaNよりなるn型コンタクト層2を4μmの膜厚で成長させる。

【0030】次に温度を750℃まで下げ、原料ガスにTMG、TMI(トリメチルインジウム)、アンモニア、不純物ガスにシランガスを用い、SiドープIn_{0.1}Ga_{0.9}Nよりなるクラック防止層(図示せず。)を500オングストロームの膜厚で成長させる。クラック防止層はInを含むn型の窒化物半導体、好ましくはInGaNで成長させることにより、次に成長させるAlを含む窒化物半導体よりなるn型光閉じこめ層3を厚膜で成長させることが可能となる。LDの場合は、光閉じ込め層となる層を、例えば0.1μm以上の膜厚で成長させる必要がある。従来ではGaN、AlGaN層の上に 50

直接厚膜のAlGaNを成長させると、後から成長させたAlGaNにクラックが入るので素子作製が困難であったが、このクラック防止層が次に成長させる光閉じこめ層3にクラックが入るのを防止することができる。しかも次に成長させる光閉じこめ層3を厚膜で成長させても膜質良く成長できる。なおクラック防止層は100オングストローム以上、0.5μm以下の膜厚で成長させることが好ましい。100オングストロームよりも薄いと前記のようにクラック防止として作用しにくく、0.5μmよりも厚いと、結晶自体が黒変する傾向にある。なお、クラック防止層は成長方法、成長装置によっては省略することもできるので図示していないが、LDを製造する上では成長させる方が望ましい。

【0031】次に、温度を1050℃にして、原料ガスにTEG、TMA(トリメチルアルミニウム)、アンモニア、不純物ガスにシランガスを用いて、Siドープn型Al_{0.07}Ga_{0.93}Nよりなるn型光閉じこめ層3を0.6μmの膜厚で成長させる。

【0032】続いて、原料ガスにTMG、アンモニア、不純物ガスにシランガスを用い、Siドープn型GaNよりなるn型光ガイド層4を500オングストロームの膜厚で成長させる。

【0033】次に原料ガスにTMG、TMI、アンモニアを用いて活性層5を成長させる。活性層は温度を750℃に保持して、まずノンドープIn_{0.2}Ga_{0.8}Nよりなる井戸層を25オングストロームの膜厚で成長させる。次にTMIのモル比を変化させるのみで同一温度で、ノンドープIn_{0.01}Ga_{0.99}Nよりなる障壁層を50オングストロームの膜厚で成長させる。この操作を4回繰り返して、最後に井戸層を成長させ、総膜厚325オングストロームの膜厚の多重量子井戸構造よりなる活性層5を成長させる。

【0034】活性層5成長後、温度を1050℃にしてTMG、TMA、アンモニア、アクセプター不純物源としてCp2Mg(シクロペンタジエニルマグネシウム)を用い、Mgドープp型Al_{0.2}Ga_{0.8}Nよりなるp型キャップ層(図示せず。)を100オングストロームの膜厚で成長させる。p型キャップ層は1μm以下、さらに好ましくは10オングストローム以上、0.1μm以下の膜厚で成長させることにより、InGaNよりなる活性層が分解するのを防止するキャップ層としての作用があり、また活性層の上にAlを含むp型窒化物半導体よりなるp型キャップ層を成長させることにより、発光出力が格段に向上する。逆に活性層に接するp層をGaNとすると素子の出力が約1/3に低下してしまう。これはAlGaNがGaNに比べてp型になりやすく、またp型キャップ層成長時に、InGaNが分解するのを抑える作用があるためと推察されるが、詳しいことは不明である。p型キャップ層の膜厚は1μmよりも厚いと、層自体にクラックが入りやすくなり素子作製が困難

となる傾向にある。p型キャップ層も省略可能であるので図示していないが、LDを製造する上では成長させる方が望ましい。またp型キャップ層よりリッジ形状のストライプを形成しても良く、本発明でいうクラッド層の一つである。

【0035】次に温度を1050°Cに保持しながら、TMG、アンモニア、Cp2Mgを用いMgドープp型Ga_{0.99}Nよりなるp型光ガイド層6を500オングストロームの膜厚で成長させる。このp型光ガイド層6は上記したように、InGa_{0.99}N、Ga_{0.99}Nとすることにより次のA 10

【0036】続いて、TMG、TMA、アンモニア、Cp2Mgを用いてMgドープAl_{0.07}Ga_{0.93}Nよりなるp型光閉じ込め層7を0.5μmの膜厚で成長させる。

【0037】さらに、TMG、アンモニア、Cp2Mgを用い、Mgドープp+型Ga_{0.99}Nよりなるp型コンタクト層8を0.2μmの膜厚で成長させる。

【0038】以上のようにして窒化物半導体を積層したウェーハを反応容器から取り出し、p型コンタクト層8 20

に第1のマスクを形成して、反応性イオンエッチング(RIE)装置にて、最上層のp型コンタクト層8から選択エッチを行い、負電極20を形成すべきn型コンタクト層2の表面を露出させる。さらに、第1のマスク除去後、さらにp型コンタクト層8の表面、および露出したn型コンタクト層2表面に第2のマスク41を形成する。なお、p型コンタクト層の表面に形成する第2のマスク41は幅2μmのストライプ状とする。第2のマスク形成後のウェーハの主要部の構造を示す断面図が図4である。

【0039】第2のマスク形成後、同じくRIEにより選択エッチを行い、p型コンタクト層8、p型光閉じ込め層7、p型光ガイド層6の一部をエッチングし、リッジ形状のストライプを形成する。ストライプは基板の平面に対し、ほぼ90°とする。エッチング後、第2のマスク41を除去する。第2のマスク41除去後のウェーハの主要部の構造が図5である。

【0040】次に、図7に示すように、窒化物半導体ウェーハの所定の位置に第3のマスク42を形成し、さら 40 にプラズマCVD装置でSiO₂よりなる絶縁性薄膜10を、p型光ガイド層6の表面と、n型コンタクト層2の表面に連続して0.5μmの膜厚で形成する。絶縁性薄膜10を形成する前の構造を示す図が図6であり、第3のマスク42除去後の構造を示す図が図7である。

【0041】第3のマスク42除去後、常法に従い、p型コンタクト層8のほぼ全面にはNiとAuよりなるストライプ状の正電極30を形成し、露出させたn型コンタクト層2にはTiとAlよりなるストライプ状の負電極20を形成する。負電極20はオーミック用とパッド 50 用とを兼ねている。その後、正電極30の上にAuより

なるパッド電極31を形成する。

【0042】以上のようにしたウェーハを、まずストライプ状の電極に平行な位置で分割した後、次に電極に垂直な方向で分割し、垂直な方向で分割した分割面を研磨して鏡面とする。その共振面に常法に従って誘電体多層膜を形成して、図1に示すようなレーザチップとする。このレーザチップをヒートシンクに設置し、常温でパルス発振させたところ閾値電流が直流0.1A、10Vで410nmのレーザ発振を示した。

【0043】【実施例2】図8は本実施例に係るレーザ素子の構造を示す模式的な断面図である。このレーザ素子は正電極30をクラッド層にショットキーバリア接触する金属薄膜として設けている点が実施例1と異なる。

【0044】実施例1において、リッジ形状のストライプを形成する際、図8に示すようにp型光閉じ込め層6までメサエッチする。なおメサエッチ後のストライプ側面の角度θはおよそ95°である。

【0045】エッチング後、絶縁性薄膜10を形成せず、電極を形成する工程において、図8に示すようにp型コンタクト層8のほぼ全面と、p型光閉じ込め層6の表面とに渡って、NiとAuを含む正電極30を形成する。NiとAuとを含む金属は、Mgドープp型Ga_{0.99}Nよりなるp型コンタクト層8にはオーミック接触するが、AlGa_{0.99}Nよりなるp型光閉じ込め層にはショットキーバリア接触する。なお本発明において、金属薄膜がクラッド層に接するショットキーバリア接触とは、完全なショットキーバリア接触ではなく、p型コンタクト層よりも接触抵抗が高いことを意味する。以上のようにして金属薄膜を形成した後、実施例1と同様にしてレーザ素子を作製したところ、ほぼ同一の特性を示した。

【0046】

【発明の効果】以上説明したように、本発明のレーザ素子ではリッジ型のストライプにより、活性層の発光がリッジの下に集中して、横モードのレーザ光が制御できるためにレーザ発振の閾値電流低下して、連続発振が可能となる。窒化物半導体は現在研究されているII-VI族化合物半導体よりなるレーザ素子に比べて短波長が発振できるという利点がある。従って窒化物半導体で連続発振が可能となると、書き込み光源、読みとり光源としての需要が爆発的に増え、その産業上の利用価値は非常に大きい。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係るレーザ素子の一構造を示す模式断面図。

【図2】 図1のレーザ素子の形状を示す斜視図。

【図3】 本発明に係るレーザ素子の他の構造を示す模式断面図。

【図4】 実施例において得られる窒化物半導体ウェーハの主要部の構造を示す模式断面図。

【図5】 実施例において得られる窒化物半導体ウェー

11

ハの主要部の構造を示す模式断面図。

【図6】 実施例において得られる窒化物半導体ウェーハの主要部の構造を示す模式断面図。

【図7】 実施例において得られる窒化物半導体ウェーハの主要部の構造を示す模式断面図。

【図8】 本発明の他の実施例に係るレーザ素子の構造を示す模式断面図。

【符号の説明】

1・・・基板

12

2・・・n型コンタクト層

3・・・n型光閉じこめ層

4・・・n型光ガイド層

5・・・活性層

6・・・p型光ガイド層

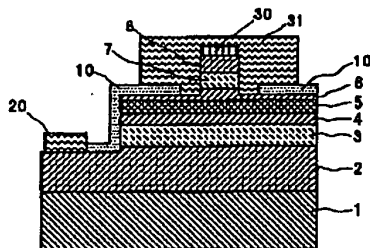
7・・・p型光閉じこめ層

8・・・p型コンタクト層

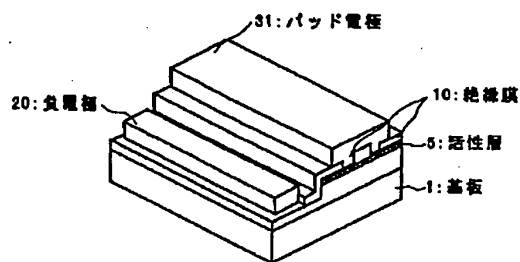
10・・・絶縁性薄膜

20、30・・・電極

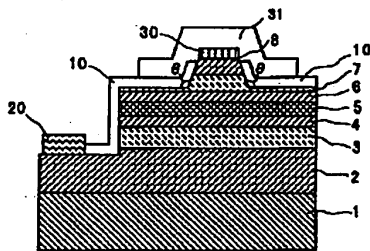
【図1】



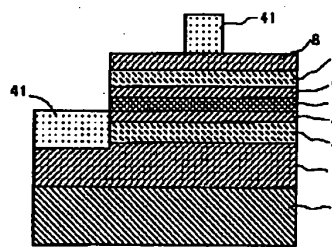
【図2】



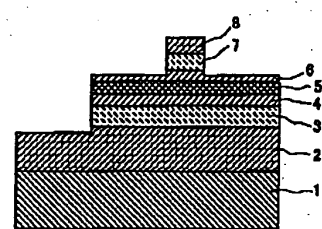
【図3】



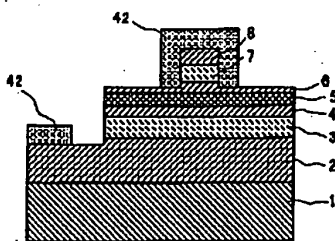
【図4】



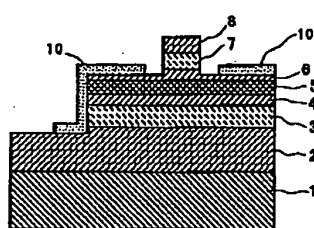
【図5】



【図6】



【図7】



【図8】

